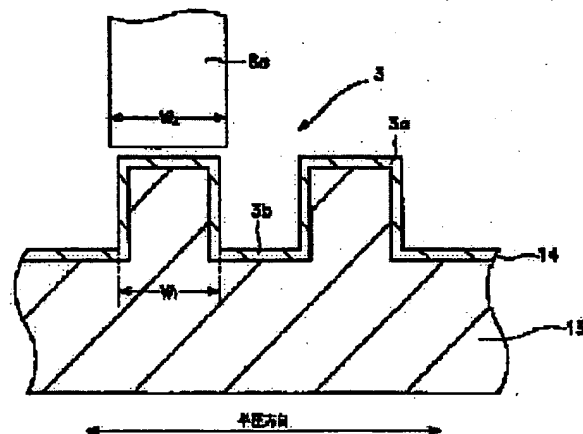


**MEDIUM AND APPARATUS FOR MAGNETIC RECORDING**

**Patent number:** JP11328662  
**Publication date:** 1999-11-30  
**Inventor:** MORITA OSAMI  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- **International:** G11B5/82  
- **European:**  
**Application number:** JP19980133960 19980515  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP11328662**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic recording medium and a magnetic recording apparatus in which a recording blur can be removed, in which a perpendicular magnetic recording system can be adopted effectively even by using a single-layer-film structure and in which a high-density recording operation can be realized.  
**SOLUTION:** An information signal is recorded on a magnetic disk 3 by a recording head 8a which is mounted on a head slider a part of which is levitated in a recording operation. In the magnetic disk 3, a magnetic layer 14 which is provided with perpendicular magnetic anisotropy is formed on a substrate 13. Prescribed uneven patterns are formed on the surface of a disk medium. A width size W1 in a direction at right angles to the running direction of the recording head 8a in a protruding part 3a out of the prescribed uneven parts is at the recording track width size W2 or lower of the recording head 8a. The information signal is recorded on the protruding part 3a by the recording head 8a according to a perpendicular magnetic recording system.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-328662

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/82

G 1 1 B 5/82

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平10-133960

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月15日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 森田 修身

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ

ー株式会社内

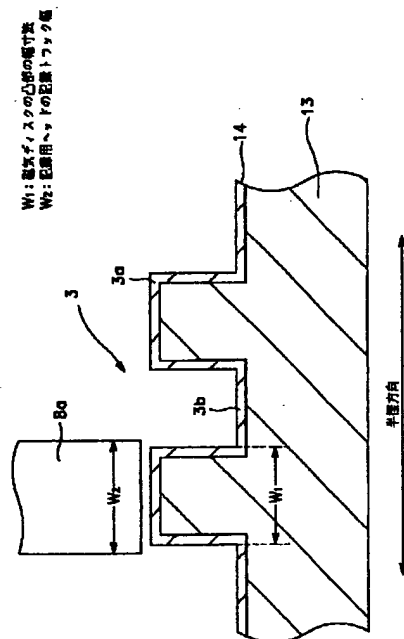
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記録装置

(57) 【要約】

【課題】 記録にじみを除去することができて、単層膜構造でありながら垂直磁気記録方式を効果的に採用することができて、更なる高密度記録化を実現可能な磁気記録媒体及び磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 磁気ディスク 3 は、記録時に少なくとも一部が浮上するヘッドスライダに搭載されている記録用ヘッド 8 a により情報信号が記録される。この磁気ディスク 3 は、基板 1 3 上に垂直磁気異方性を有する磁性層 1 4 が形成されてなり、ディスク媒体表面に所定の凹凸パターンが形成され、上記所定の凹凸パターンの凸部 3 a における記録用ヘッド 8 a の走行方向と直交する方向の幅寸法  $W_1$  が、記録用ヘッド 8 a の記録トラック幅寸法  $W_2$  以下であり、記録用ヘッド 8 a により凸部 3 a に垂直磁気記録方式によって情報信号が記録される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録時に少なくとも一部が浮上するヘッドスライダに搭載されている記録用ヘッドによって、情報信号が記録される磁気記録媒体であって、基板上に垂直磁気異方性を有する磁性層が形成されてなり、

上記媒体表面に所定の凹凸パターンが形成され、上記所定の凹凸パターンの凸部における上記記録用ヘッドの走行方向と直交する方向の幅寸法が、上記記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下であり、

上記記録用ヘッドにより上記凸部に垂直磁気記録方式によって情報信号が記録されることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 上記基板上に、高透磁率層が形成されておらず、上記磁性層が形成されている単層膜構造であることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 基板上に垂直磁気異方性を有する磁性層が形成されてなり、表面に所定の凹凸パターンが形成された磁気記録媒体と、

記録時に少なくとも一部が上記磁気記録媒体上に浮上するようになされたヘッドスライダと、

上記ヘッドスライダに搭載され、上記磁気記録媒体の表面に形成された所定の凹凸パターンの凸部に垂直磁気記録方式により情報信号を記録する記録用ヘッドとを備え、

上記磁気記録媒体は、上記所定の凹凸パターンの凸部における上記記録用ヘッドの走行方向と直交する方向の幅寸法が、上記記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下となされていることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項4】 上記磁気記録媒体は、上記基板上に、高透磁率層が形成されておらず、上記磁性層が形成されている単層膜構造であることを特徴とする請求項3記載の磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録時に少なくとも一部が浮上するヘッドスライダに搭載されている記録用ヘッドにより、データやプログラム等の情報信号が記録される磁気記録媒体及び磁気記録装置に関するものである。特に、垂直磁気記録方式により情報信号が記録される磁気記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスクの高密度化は、年々スピードを増しており、1年あたり60%増の割合で進められている。この磁気ディスクの高密度化は、磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MRヘッド）等の採用や磁性材料の改良等によって実現されている。その他に、磁気ディスクの高密度化を図る方法としては、磁気ヘッドと磁気ディスクとの距離を極力小さくすることによっても大きな進歩が図られている。

【0003】具体的には、この磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MRヘッド）や次世代再生ヘッドと称される巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッド（GMRヘッド）を用いることにより、磁気ディスクの記録密度を10Gbit/in<sup>2</sup>レベルまで高密度化することができると考えられている。

【0004】ところで、従来の長手磁気記録方式では、例えば、図27に示すように、磁気ディスク100が基板101上に磁性層102が形成されてなり、長手方向に磁化されやすく強い残留磁化をもつようになされている。そして、この磁気ディスク100の長手方向に対して、リング形ヘッド103等の磁気ヘッドにより磁界が加わるなされている。

【0005】しかし、上述したように、磁気ディスクの記録密度が10Gbit/in<sup>2</sup>のレベルまで高密度化されると、上記の長手磁気記録方式では、十分適用することが困難となり、特に、磁気ディスク側の課題として、いわゆる熱揺らぎの現象が浮上してくる。

【0006】この熱揺らぎの現象とは、磁性粒子が小さくなり、磁性粒子材料のスピンが持つ熱振動エネルギーが磁気エネルギーの安定状態を超える程大きくなることにより生じる磁気エネルギーの不安定状態をいう。この不安定状態が起こると、磁気ディスクでは、磁性粒子材料のスピンを持つ熱エネルギーによって、一度記録した磁気信号の磁化が常温においてもN極からS極へ、S極からN極へと反転するようになり、記録媒体として使用することができなくなる。

【0007】このような熱揺らぎ現象を解決する手段の一つとして、垂直磁気記録方式が挙げられる。この垂直磁気記録方式は、もともと、図27に示されるような従来の長手磁気記録方式よりも高密度記録が達成可能なものとして1970年代後半から1980年代にかけて盛んに研究されたものであるが、熱揺らぎ現象を解消するという点からも優れた方式である。

【0008】しかし、この垂直磁気記録方式は、図27に示すような従来の長手磁気記録方式と異なるデバイスを使用するために、その磁気記録装置が積極的に開発されなかった。図28に、垂直磁気記録方式により記録媒体に単磁極ヘッドからの磁界をかける様子を示す。

【0009】具体的には、垂直磁気記録方式において記録媒体に磁気ヘッドからの磁界をかける場合、図28に示すように、磁気ディスク110等の記録媒体は、基板111上に高透磁率層112、垂直磁気記録層113が順次形成されてなる。そのため、このような従来の記録媒体は、2層膜媒体と称されている。ここで、上記高透磁率層112を設けるのは、垂直磁気記録層113の面に対して垂直方向の磁界をより集中させて印加させるためである。

【0010】また、この記録媒体に垂直磁気記録方式によって情報信号を記録する記録用ヘッドとしては、従来

のリング形ヘッド103よりも垂直磁化成分をより多く出すことができる単磁極ヘッド114が採用される。

【0011】ところが、この高透磁率層の存在が様々な問題を引き起こす原因となっていた。すなわち、この高透磁率層の存在により、記録媒体自体の剛性が大きくなり、例えば、テープ媒体への応用を考えた場合、テープ自体の剛性が大きくなってしまい、記録再生の際にドラムやガイドロール等に沿ってテープが巻き付かなくなり、テープの走行に不具合が生じることがあった。

【0012】また、高透磁率層の中には、記録時や再生時に問わず、交番する磁界が流れることとなるため、常に磁壁が動くこととなり、この磁壁の運動により、信号再生時にノイズが生じて、品質の良い信号を再生することができなくなるという不具合が生じていた。

【0013】そこで、これらの不具合を解決するために、垂直磁気記録層の下に高透磁率層を配さずに、直接、基板上に垂直磁気記録層を設けた、いわゆる単層膜媒体を採用する開発グループが増えている。このいわゆる単層膜媒体は、垂直磁界を集中させて印加させる高透磁率層を配していないため、2層膜媒体にて垂直磁気記録方式を行う際に用いられる単磁極ヘッドを使用することができない。そのため、この単層膜媒体の垂直磁気記録層にかかる垂直磁界の強さは、上述した2層膜媒体における垂直磁気記録層にかかる垂直磁界の強さよりも弱くなる。

【0014】その代わり、単層膜媒体は、2層膜媒体と異なり、従来の磁気記録方式で使用されているリング形ヘッド等の磁気ヘッドを用いることが可能である。そのため、磁気ディスク装置自体のコストダウンを図ることができるという点で有利である。さらに、単層膜媒体は、2層膜媒体と異なり、高透磁率層を有していないため、2層膜媒体以外の従来の他の記録媒体と同様な剛性を持ったものとすることができる。

【0015】しかも、この単層膜媒体を垂直磁気記録方式にて用いることは、2層膜媒体を垂直磁気記録方式にて用いることと同様に、やはり垂直磁気記録方式であるため、上述の熱揺らぎ現象に関して有利である。すなわち、長手磁気記録方式が直面する熱揺らぎ現象といった課題に対しては、単層膜媒体を用いた垂直磁気記録方式によっても解決することができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、いわゆる単層膜媒体とリング形ヘッド等の従来公知の磁気ヘッドとを組み合わせる磁気記録システムにおいては、以下に示すような解決しなくてはならない課題が存在する。

【0017】すなわち、磁気ヘッドを搭載した浮上スライダの低浮上量を如何に達成するかという課題と、記録のじみみを如何に解消するかという課題である。

【0018】具体的には、浮上スライダの低浮上量が求

められるのは、次のような理由に基づく。上記の単層膜媒体では、上述したように、単磁極ヘッドを使用することができないので、一般的には従来通りのリング形ヘッドを採用することになる。

【0019】しかし、リング形ヘッドの出す垂直磁界というのは、長手方向の磁界に比べて弱い。そのため、如何に記録媒体自体に垂直磁気異方性が存在しても、完全に垂直方向に磁化を残すことは困難である。また、リング形ヘッドの出す磁界の大きさは、リング形ヘッドから記録媒体までの距離により異なる。よって、リング形ヘッドの出す垂直磁界の大きさも同様にリング形ヘッドから記録媒体までの距離により異なる。そこで、リング形ヘッドからの距離とリング形ヘッドの出す磁界の強さとの関係を、ウェストマイズの磁界計算式から求めてみた。

【0020】その計算結果を図29に示す。図29では、横軸に、リング形ヘッドからの距離であるスペーシング量 $y$ をリング形ヘッドのギャップ長 $g$ で規格化した値 $y/g$ をとり、縦軸に、リング形ヘッドから発生する磁界の大きさ $H$ をリング形ヘッドのギャップ中の磁界 $H_0$ で規格化した値 $H/H_0$ をとった。

【0021】○印は、リング形ヘッドから発生する磁界の $x$ 成分、すなわち長手方向の磁化成分である。直線は、リング形ヘッドから発生する磁界の $y$ 成分、すなわち垂直磁化成分に相当する方向の成分である。+印は、○印で示される磁界の $x$ 成分と、直線で示される磁界の $y$ 成分とを合成した磁界の大きさを示している。

【0022】この図29からもわかるように、リング形ヘッドのギャップ長で規格化したリング形ヘッドからの距離 $y/g$ が0.4以下になると、リング形ヘッドから発生する磁界の大きさは、 $x$ 成分よりも $y$ 成分、すなわち長手方向磁化成分よりも垂直磁化成分の方が大きくなる。また、リング形ヘッドからの距離が小さければ小さい程、垂直磁化成分が大きくなることもわかる。

【0023】このことから、垂直磁化方式の単層膜媒体を用いる場合には、リング形ヘッドから単層膜媒体までの距離が小さければ小さい程、リング形ヘッドからの強い垂直磁界を受けることができることになる。図中では図示しないが、計算上ではリング形ヘッドから記録媒体までの距離であるスペーシング量が0の場合が最も強い垂直磁界を受けることができることになる。そのときの長手方向磁化成分は、ほぼ0となる。

【0024】したがって、リング形ヘッドから記録媒体までの距離が0に近づけば近づく程、リング形ヘッドからの磁界の方向が、ほぼ記録媒体表面に対して垂直方向となり、垂直磁気記録方式にとっては理想に近づくといえる。

【0025】以上の結果から、垂直磁気記録方式において単層膜媒体にリング形ヘッドを使用する場合には、十

分な垂直方向の磁界をかけるために単層膜媒体と磁気ヘッドとの距離を限りなく0に近くする必要があるといえる。

【0026】すなわち、磁気記録装置において、単層膜構造の磁気記録媒体に対して、リング形ヘッド等の従来の磁気ヘッドを用いて垂直磁気記録方式によって記録を行うには、浮上スライダの磁気記録媒体表面からの浮上量を小さくすることが課題であるといえる。

【0027】次に、記録にじみという課題について説明する。本来、記録ヘッドの記録トラック幅に対向する記録媒体上の領域のみに、情報信号が記録されるべきである。しかし、実際には、記録ヘッドの記録トラック幅以外の所、つまり記録ヘッドの記録媒体と対向していない側面等からでる磁界によっても、記録媒体へ情報信号が記録される場合がある。そして、このような磁界によって記録媒体に情報信号が記録される現象を、いわゆる記録にじみという。

【0028】このような記録にじみが生じると、この記録にじみ部分の情報信号が正規の記録トラックで記録された情報信号と位相が合わず、結果的に、ノイズとなってしまう。しかも、この記録にじみの存在により、正常な記録再生特性を得るには、トラック密度や線密度を定めることが困難となり、高記録密度化を図ることができなくなるという不都合がある。

【0029】例えば、図30に、記録ヘッドにより通常のフラットな表面の磁気ディスク120上に記録された磁化パターンを模式的に示す。図30中では、異なる磁化パターンを磁化パターンa、bと示している。

【0030】図30に示すように、トラック方向Aに略平行な磁気ディスク120上の帯状中心部121では、情報信号の位相が揃っているが、この位相が揃っている部分が記録用ヘッドの記録トラック幅に対向する領域である。

【0031】そして、この帯状中心部121の両側に位置する領域122には、正規の記録トラックで記録された情報信号よりも位相が遅れた信号が記録されている。この領域122が、磁気ディスク120と対向している記録ヘッドの記録トラック以外のところから出る磁界により磁気ディスク120に情報信号が記録された箇所であり、いわゆる記録にじみと称されるものである。

【0032】この記録にじみは、単磁極ヘッドを用いる垂直磁気記録方式では、単磁極ヘッドの側面が非常に小さいこと、単磁極ヘッドから出た磁界が垂直磁気記録層の下に配してある高透磁率層で引き込まれること等からほとんど生じない。

【0033】ところが、リングヘッドを使用する場合には、磁気ヘッドと記録媒体の距離が近い程、又は記録ヘッドのギャップ長が広い程、この記録にじみという現象が大きくなる。これは、長手磁気記録方式、垂直磁気記録方式を問わず同様に生じる現象である。

【0034】ここで、単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録方式の場合と、リング形ヘッドを用いた長手記録方式の場合とにおける磁化パターンをそれぞれ図31及び図32に示す。図31及び図32に示すように、単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録方式は、リング形ヘッドを用いたときに比べて、記録にじみが小さいことがわかる。

【0035】以上述べたように、単層膜媒体を用いる場合の垂直磁気記録方式では、ヘッドと記録媒体との距離を限りなく0に近づけ、且つ記録にじみを排除することが、単層膜媒体を用いる垂直磁気記録方式の特徴を十分効果的に発揮させて、更なる高密度記録化を図るために必要であることが判明した。

【0036】そこで、磁気ヘッドと記録媒体との距離を限りなく0に近づける方法、及び記録にじみ現象を排除する方法について、以下に示すような様々な検討がなされている。

【0037】一般的に、磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離を限りなく0に近づける方法としては、磁気記録装置において、様々なコンタクト記録方法が提案されている。例えば、Journal of The Magnetic Society of Japan Vol.18, Supplement, No.S1(1994)に示されるように、Hamiltonらは、磁気ヘッドを軽荷重で支持して摩擦力を小さくする方法を採用した。これにより、磁気ヘッドを浮上させることなく、且つ摩擦することなく磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離を限りなく0に近づけようと試みている。

【0038】さらに、例えば、NIKKEI ELECTRONICS 1997.3.10(no.684)p141に示されるように、柳沢らは、潤滑剤のメニスカス力を利用して磁気ヘッドと磁気記録媒体とが離れることを防止し、その両者の距離を限りなく0にすることを試みている。

【0039】しかし、これら両方の手法は、磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離を限りなく0に近づけることのみを考えており、記録にじみ現象については、何等考慮していない。したがって、上記両者の何れかの手法を採用しても、更に記録にじみについて何等かの手当を施さなければならなくなる。これら両者の手法に限らず、一般的に、磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離を0に近づける手法は、記録にじみについて手当されておらず、かえって記録にじみ現象をより大きく引き起こしてしまう場合もある。

【0040】一方、記録にじみを除去する方法としては、記録用ヘッドの記録トラック幅より再生用ヘッドの再生トラック幅を小さくすることにより、すなわち、図30中の領域121に記録された位相の揃っている信号のみを再生しようとするものがある。この方法では、磁気記録装置の磁気ヘッドが記録トラックに対して若干傾いて位置する、ヘッドのスキューを考慮すると、再生用ヘッドの再生トラック幅は、記録用ヘッドの記録トラック幅の半分程度としなければならなくなる。これでは、

記録した情報信号の半分程度しか再生には寄与しないこととなり、無駄が多くなる。しかし、上記の方法以外では、記録にじみを再生しないように制御して信号品質の劣化を防ぐような方法が存在しない。そのため、多くの磁気ディスクメーカーでは、記録にじみの除去方法として上記の方法を採用しているのが現状である。

【0041】しかしながら、この記録にじみの除去法においても、記録にじみの除去は可能であるが、磁気ヘッドと記録媒体との距離を限りなく0に近づけることについて何等手当されていない。そのため、単層膜媒体を用いた垂直磁気記録方式に効果的に適用するには、この記録にじみの除去法の他に、磁気ヘッドと媒体との距離を限りなく0に近づける手法をも用いなくてはならない。

【0042】以上述べたように、従来の方法では、単層膜媒体を用いて垂直磁気記録方式を効果的に採用するには、磁気ヘッドと記録媒体の距離を限りなく0にする手法と、記録にじみを除去する手法との2つの手法を同時に新たに導入することが必要となってしまう。そのため、磁気ディスク装置は、煩雑となり、コスト高ともなりかねない。

【0043】そこで、本発明は、このような実情に鑑みて提案されたものであり、磁気ヘッドと磁気ディスクとの距離を限りなく0にすることができるとともに記録にじみを除去することができて、単層膜構造でありながら垂直磁気記録方式を効果的に採用することができて、更なる高密度記録化を実現可能な磁気記録媒体及び磁気記録装置を提供することを目的とする。

【0044】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成する本発明に係る磁気記録媒体は、記録時に少なくとも一部が浮上するヘッドスライダに搭載されている記録用ヘッドによって、情報信号が記録される磁気記録媒体であって、基板上に垂直磁気異方性を有する磁性層が形成されてなり、上記媒体表面に所定の凹凸パターンが形成され、上記所定の凹凸パターンの凸部における上記記録用ヘッドの走行方向と直交する方向の幅寸法が、上記記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下であり、上記記録用ヘッドにより上記凸部に垂直磁気記録方式によって情報信号が記録されることを特徴とするものである。ここで、本発明に係る磁気記録媒体は、上記基板上に、高透磁率層が形成されておらず、上記磁性層が形成されている単層膜構造である。

【0045】このように、本発明に係る磁気記録媒体は、高透磁率層を配さずに基板上に磁性層が形成されてなる単層膜構造であり、媒体表面に所定の凹凸パターンが形成され、この凹凸パターンの凸部の上記記録用ヘッドの走行方向と直交する方向の幅寸法が、記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下となされている。

【0046】そのため、本発明の磁気記録媒体では、記録用ヘッドの記録トラック幅以外の所、つまり記録用ヘ

ッドの磁気記録媒体と対向していない側面等からの磁界によって磁気記録媒体に情報信号が書き込まれることなく、記録用ヘッドの記録トラック幅に対向する磁気記録媒体の領域のみに正確に情報信号が記録される。つまり、本発明の磁気記録媒体では、記録にじみの書き込まれる領域がなくなることになり、結果的に、記録にじみが解消される。

【0047】また、本発明に係る磁気記録媒体では、記録再生時において、媒体表面に形成された凹部とヘッドスライダとの間隙に入り込む空気流によりヘッドスライダに浮揚力が働く。このとき、ヘッドスライダは、この浮揚力により、少なくとも一部が本発明の磁気記録媒体の凹部から所定の浮上量にて浮上している。

【0048】そのため、本発明の磁気記録媒体では、この媒体上を浮上するヘッドスライダが、従来の表面がフラットな磁気記録媒体上を浮上するヘッドスライダと同等な浮上量にて浮上している場合でも、本発明の磁気記録媒体上に形成された凸部とヘッドスライダとの距離がより近づいた状態となる。そして、更にヘッドスライダの浮上量を小さくすることにより、本発明の磁気記録媒体では、媒体上の凸部とヘッドスライダとの距離を限りなく0に近づけることができる。

【0049】よって、本発明の磁気記録媒体では、垂直磁界を集中的に分布させる高透磁率層が配されていない単層膜構造であっても、ヘッドスライダと磁気記録媒体の凸部との距離が限りなく0に近づけ得るため、この凸部に対して従来より普及している磁気ヘッドを用いて十分な垂直磁界を与えることができ、垂直磁気記録方式によって情報信号を効果的に記録することができる。

【0050】また、このように、本発明の磁気記録媒体では、垂直磁気記録方式を採用することができるので、長手磁気記録方式にて問題とされた熱揺らぎ現象が回避される。

【0051】なお、本発明の磁気記録媒体は、高透磁率層が配されていない構造であるため、この高透磁率層が原因となって生じた問題、例えば、媒体そのものの剛性が増してしまい扱いにくいという問題や、高透磁率層内で磁壁が動くことによりノイズが発生するという問題等も解消される。

【0052】また、本発明に係る磁気記録装置では、基板上に垂直磁気異方性を有する磁性層が形成されてなり表面に所定の凹凸パターンが形成された磁気記録媒体と、記録時に少なくとも一部が浮上するようになされたヘッドスライダと、上記ヘッドスライダに搭載され上記磁気記録媒体の表面に形成された所定の凹凸パターンの凸部に垂直磁気記録方式により情報信号を記録する記録用ヘッドとを備えるものである。

【0053】そして、本発明に係る磁気記録装置においては、上記磁気記録媒体が、上記所定の凹凸パターンの凸部における上記記録用ヘッドの走行方向と直交する方

10

20

30

40

50

向の幅寸法が、上記記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下となされていることを特徴とするものである。

【0054】このように、本発明の磁気記録装置によれば、磁気記録媒体表面に所定の凹凸パターンが形成されており、この凹凸パターンの凸部の幅寸法が記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下であるため、記録用ヘッドの記録トラック幅以外の所、つまり記録用ヘッドの磁気記録媒体と対向していない側面等からの磁界によって、磁気記録媒体に情報信号が書き込まれることがない。

【0055】つまり、本発明の磁気記録装置によれば、記録にじみの書き込まれる領域がなくなることになり、結果的に、記録にじみを解消することができる。

【0056】また、本発明に係る磁気記録装置では、記録再生時において、磁気記録媒体表面に形成された凹部とヘッドスライダとの間隙に入り込む空気流によりヘッドスライダに浮揚力が働く。このとき、ヘッドスライダは、この浮揚力により、少なくとも一部が磁気記録媒体の凹部から所定の浮上量にて浮上している。

【0057】そのため、本発明の磁気記録装置では、磁気記録媒体上を浮上するヘッドスライダが、従来の表面がフラットな磁気記録媒体上を浮上するヘッドスライダと同等な浮上量にて浮上している場合でも、磁気記録媒体上の凸部とヘッドスライダとの距離がより近づいた状態となる。そして、更にヘッドスライダの浮上量を小さくすることにより、本発明の磁気記録装置では、磁気記録媒体上の凸部とヘッドスライダとの距離を限りなく0に近づけることができる。

【0058】よって、本発明の磁気記録媒体装置によれば、磁気記録媒体が垂直磁界を集中的に分布させる高透磁率層が配されていない単層膜構造であっても、ヘッドスライダと磁気記録媒体の凸部との距離が限りなく0に近づけ得るため、この凸部に対して従来より普及している磁気ヘッドを用いて十分な垂直磁界を与えることができ、垂直磁気記録方式によって情報信号を効果的に記録することができる。

【0059】また、このように、本発明の磁気記録装置では、垂直磁気記録方式を採用することができるので、長手磁気記録方式にて問題とされた熱揺らぎ現象が回避される。

【0060】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下では、本発明を適用した磁気記録媒体として、磁気ディスクを取り上げるが、本発明を適用した磁気記録媒体は、これに限らず、基板上に垂直磁気異方性を有する磁性層が形成されているものであれば良く、例えば、このような構成の磁気テープ等であっても良い。図1に、本発明を適用した磁気ディスク装置の斜視図を示す。

【0061】本発明の磁気ディスク装置1は、アルミニ

ウム合金等により形成された筐体2の平面部の裏側にスピンドルモータ9が配設されていると共に、このスピンドルモータ9によって角速度一定で回転駆動される本発明の磁気ディスク3が備えられている。さらに、この筐体2には、アーム4が垂直軸4aの周りに揺動可能に取り付けられている。このアーム4の一端には、ボイスコイルモータ7が取り付けられ、またこのアーム4の他端には、ヘッドスライダ6が取り付けられている。

【0062】ボイスコイルモータ7は、カバーヨーク7aと、ボトムヨーク7bと、ボイスコイル5と、マグネット7cとから構成される。カバーヨーク7aとボトムヨーク7bとが、ボイスコイル5及びマグネット7cを挟むように形成されている。また、マグネット7cは、ボトムヨーク7b上に取り付けられている。

【0063】図2は、本発明の磁気ディスク3上をヘッドスライダ6が浮上している様子を示す模式図である。

【0064】本発明の磁気ディスク3は、図2に示すように、表面に所定の凹凸パターンが形成された基板13上に、磁性膜14が形成されている。この磁気ディスク3の表面には、基板13上の記録トラックに対応した凹凸パターンが、ヘッドスライダ6の走行方向に対して平行な方向に形成されている。ここで、これら凹凸パターンは、磁気ディスク3の表面に同心円状に形成されてなる。なお、磁気ディスク3の記録トラックがスパイラル状とされる場合、これらの凹凸パターンは、記録トラックに沿ったスパイラル状に形成する。

【0065】また、なお、本発明の磁気ディスクは、凹凸パターンが形成された基板の両主面上に、磁性膜がそれぞれ形成されているものであっても勿論構わない。

【0066】ヘッドスライダ6は、図2に示すように、その下面の両側にエアベアリングサーフェイスとして作用するレール6a、6bが形成されていると共に、このレール6a、6bの先端側にはテーパー部6c、6dが形成されている。

【0067】そして、一方のレール6aの後端面には、磁気ヘッド8が搭載されている。この磁気ヘッド8は、単層膜媒体に対して垂直磁気記録方式が可能である磁気ヘッドであれば良く、例えば、リング形ヘッドや薄膜磁気ヘッドが挙げられる。なお、再生用ヘッドをして、磁気抵抗効果型磁気ヘッド等の磁気ヘッドもヘッドスライダ6に搭載されていても勿論良い。

【0068】なお、図2中では、磁気ディスク3上をヘッドスライダ6及び磁気ヘッド8が浮上している様子を示しているが、本発明の磁気ディスク装置1では、後述するように、記録再生時には、磁気ディスク3の表面の凸部3aが磁気ヘッド8と接触している。

【0069】以上のような構成を有する磁気ディスク装置1において、まず、スピンドルモータ9が回転駆動されると、スピンドルモータ9の回転に伴って、磁気ディスク3が所定の速度で回転する。そして、ボイスコイル

5に外部から電流が供給されると、アーム4は、マグネット7a、7bの磁界と、このボイスコイル5に流れる電流とによって生ずる力に基づいて、垂直軸4aを中心軸として回転する。これにより、アーム4の他端に取り付けられたヘッドスライダ6は、回転駆動されている磁気ディスク3の表面上で走行しながら、磁気ディスク3の実質的に半径方向に移動する。そして、これにより、このヘッドスライダ6に搭載された磁気ヘッド8は、磁気ディスク3に対してシーク動作する。

【0070】このとき、磁気ディスク3の回転に伴って、ヘッドスライダ6のレール6a、6bの先端側のテーパー部6c、6dから空気が流入する。この空気は、レール6a、6bに沿ってヘッドスライダ6と磁気ディスク3との間に流れ込む。そして、このような空気流により、ヘッドスライダ6は、浮揚力を受けて磁気ディスク3の凹部3bの表面から微小間隔の浮上量にて浮上走行する。すなわち、ヘッドスライダ6は、磁気ディスク3の表面との間隙が走行方向に対して先端側から後端側に向かって小さくなっていくようになされており、この間隙に流れる空気流によって浮揚力を得て、磁気ディスク3の表面上を低浮上量にて浮上走行する。

【0071】ところで、ヘッドスライダ6と磁気ディスク3の表面との間隙が無い場合には、ヘッドスライダ6と磁気ディスク3との間に空気が流れないので、ヘッドスライダ6は浮上しなくなり、磁気ヘッド8と磁気ディスク3とが完全に接触することになる。この場合、ヘッドスライダ6の荷重が磁気ディスク3にもろに加わってしまうため、記録再生時に磁気ヘッド8と磁気ディスク3との間に生じる摩擦によって磁気ヘッド8や磁気ディスク3における摩耗の問題が生じてしまう。

【0072】一方、本発明の磁気ディスク3では、図3及び図4に示すように、磁気ディスク3の表面に所定の凹凸パターンが形成されているため、磁気ディスク3の凹部3bと、ヘッドスライダ6のレール6a、6bの後端側との微小な間隙に空気が流れる。そして、この空気流によりヘッドスライダ6に浮揚力が働き、磁気ディスク3とヘッドスライダ6との浮上状態を保ちつつ、ヘッドスライダ6と磁気ディスク3の凸部3aとの間隙が限りなく0に近づくまで、ヘッドスライダ6の浮上量を小さくすることができる。

【0073】言い換えれば、本発明の磁気ディスク3では、この媒体上を浮上するヘッドスライダ6が、従来の表面がフラットな磁気記録媒体上を浮上するヘッドスライダと同等な浮上量にて浮上している場合でも、本発明の磁気ディスク3上に形成された凸部3aとヘッドスライダ6との距離がより近づいた状態となる。そして、更にヘッドスライダ6の浮上量を小さくすることにより、本発明の磁気ディスク3では、媒体上の凸部3aとヘッドスライダ6との距離を限りなく0に近づけることができる。

【0074】よって、本発明の磁気ディスク3では、垂直磁界を集散的に分布させる高透磁率層が配されていない単層膜構造であっても、ヘッドスライダ6と磁気ディスク3の凸部3aとの距離を限りなく0に近づけ得るため、この凸部3aに対して従来より普及している磁気ヘッドを用いて十分な垂直磁界を与えることができ、垂直磁気記録方式によって情報信号を効果的に記録することができる。

【0075】なお、さらに、この磁気ディスク3では、このヘッドスライダ6の浮上量を限りなく小さくすることにより、最終的に、磁気ディスク3の凸部3aに磁気ヘッド8を無負荷で接触させることができるようになる。これにより、磁気ヘッド8と磁気ディスク3の表面とが接触していても、磁気ヘッド8及び磁気ディスク3の摩耗を完全に防止することができる。

【0076】すなわち、このようなヘッドスライダ6及び磁気ディスク3では、磁気ヘッド8が磁気ディスク3の凸部3aに接触したときに、テーパー部6c、6dからレール6a、6bに沿って流れ込む空気流が、磁気ディスク3の凹部3bとレール6a、6bの後端側との微小な間隙から流出することになるので、図4に示すように、ヘッドスライダ6を浮上させる方向に、ヘッドスライダ6に対して浮揚力N1が発生する。よって、この浮揚力N1と、ヘッドスライダ6の荷重N2とが釣り合うようにすれば、磁気ヘッド8に掛かる磁気ディスク3の凸部3aからの垂直抗力Lが0にされ、磁気ヘッド8と磁気ディスク3の表面との摩擦力を0にすることができ、磁気ディスク3の凸部3aと磁気ヘッド8とを無負荷で接触させることができ、磁気ヘッド8や磁気ディスク3の摩耗を無くすることができる。

【0077】但し、本発明の磁気ディスク3において、図4に示すように、表面の凸部3aと磁気ヘッド8とを無負荷で接触させた状態とすることは、理想的な状態であり、表面の凸部3aと磁気ヘッド8とが完全に接触していなくても、勿論、本発明の磁気ディスク3では、上述したように、ヘッドスライダ6と凸部3aとの距離を限りなく0に近づけることができ、この凸部3a上に垂直磁気記録方式により効果的に情報信号を記録することが可能となる。

【0078】また、特に、本発明の磁気ディスク3では、ディスク表面に形成された上記所定の凹凸パターンのうちの凸部3aにおける記録用ヘッドの走行方向と直交する方向の幅寸法が、記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下となされている。

【0079】つまり、本発明の磁気ディスク3では、凸部3aの幅寸法を、使用する記録用ヘッドの記録トラック幅寸法と略同一か、もしくは若干サーボによりトラック位置ずれが起こることを考慮して狭くするものである。

【0080】図5に、本発明の磁気ディスク3の表面に



形成された凸部3aの記録用ヘッド8aの走行方向と直交する方向の幅と、記録用ヘッド8aの記録トラック幅との関係を示す拡大断面図を示す。ここで、磁気ディスク3の表面に形成された凸部3aにおける記録用ヘッド8aの走行方向と直交する方向、つまりディスクの略半径方向の幅寸法を $W_1$ とし、記録用ヘッド8aの記録トラック幅寸法を $W_2$ とする。

【0081】すなわち、本発明の磁気ディスク3では、図5に示すように、上記凸部3aの幅寸法 $W_1$ と、記録用ヘッド8aの記録トラック幅寸法 $W_2$ との関係が、 $W_1 \leq W_2$ である。

【0082】このように、本発明の磁気ディスク3では、表面に形成された凸部3aの幅寸法 $W_1$ が記録用ヘッド8aの記録トラック幅寸法 $W_2$ 以下となされているので、記録用ヘッド8aの記録トラック幅以外の所、つまり記録用ヘッド8aの磁気ディスク3と対向していない側面等からの磁界によって、磁気ディスク3に情報信号が書き込まれることがなく、記録用ヘッド8aの記録トラック幅と対向する磁気ディスク3上の領域に正確に情報信号が記録されることになる。

【0083】すなわち、本発明の磁気ディスク3では、記録にじみの書き込まれる領域がなくなることになり、記録にじみを解消することができる。その結果、本発明の磁気ディスク3は、トラック幅を狭めることができるためトラック密度を更に向上することができるとともに、各トラックの線密度をもより容易に向上することができ、更なる高密度記録化を実現することが可能となる。

【0084】つきに、以上のような本発明の磁気ディスク3の構造について、更にその詳細を説明する。図6は、本発明を適用した磁気ディスク3を示す平面図である。また、図7は、図6中の範囲Xを拡大して示す拡大平面図である。さらに、図8は、磁気ディスク3の半径方向の断面図であり、図9は、磁気ディスク3のトラック方向の断面図である。

【0085】この磁気ディスク3の基板13は、合成樹脂、ガラス、アルミニウム等より成る。この基板13には、データ記録領域（データゾーン）30と及び制御信号記録領域（サーボゾーン）31のそれぞれに対応した所定の凹凸パターンが形成されており、その表面に磁性膜14が形成されている。なお、データゾーン30及びサーボゾーン31は、記録再生時に所定の間隔毎にサーボゾーン31が現れるように、例えば、図6及び図7に示すように、サーボゾーン31の形成位置が磁気ディスク3の中心から略放射状となるように形成される。

【0086】上記データゾーン30には、任意のデータを記録するためのデータトラックと、隣接するデータトラックを区分するためのガードバンドとが同心円状に形成されている。そして、磁気ディスク3には、図7及び図8に示すように、データトラックが凸部3aとなり、

ガードバンドが凹部3bとなるように、凹凸が形成されている。なお、これらの凹凸は、ヘッドスライダ6の走行方向に対して平行であれば良く、例えば、記録トラックをスパイラル状に形成する場合には、当該記録トラックに沿ってスパイラル状に形成する。また、これらの凹凸は、凸部3aが円周方向に連続的に続くように形成されていても良いし、或いは、ヘッドスライダ6の走行に悪影響を与えない程度に分断されていても良い。

【0087】一方、サーボゾーン31には、データトラックを特定するためのグレイコードや、サーボクロックを生成する際の基準となるクロックマークや、磁気ヘッド8のトラッキング制御に使用されるウォブルマーク等を含むサーボパターンが記録される。ここで、サーボゾーン31には、図7及び図9に示すような凹凸が形成され、凸部3aと凹部3bとが互いに逆方向に磁化されており、これにより、上記サーボパターンが記録されている。

【0088】以上のような構成からなる磁気ディスク3は、例えば、光技術を利用して製造する。その製造方法の一例を図10乃至図19で説明する。

【0089】図10に示すように、先ず、ガラス原盤41の表面に、例えば、フォトレジスト42をコーティングし、このフォトレジスト42がコーティングされたガラス原盤41をターンテーブル43上に載置して回転させ、フォトレジスト42に対して凹部を形成するフォトレジスト42の部分にのみレーザ光44を照射してパターンカッティングする。このとき、レーザカッティングにより形成される凹部同士の間を生じる凸部のディスク半径方向の幅寸法が、磁気ディスク装置1に用いる記録用ヘッドの記録トラック幅寸法 $W_2$ 以下となるようにレーザカッティングを行う。

【0090】次に、フォトレジスト42を現像して、図11に示すように、フォトレジスト42の露光部分を除去する。このとき、残存したフォトレジスト4の凸部のディスク半径方向の幅寸法 $W_1$ が記録用ヘッドの記録トラック幅寸法 $W_2$ 以下となる。

【0091】次に、図12に示すように、フォトレジスト42の露光部分が除去されたガラス原盤41の表面にニッケル45をメッキする。そして、図13に示すように、このニッケル45をガラス原盤41から剥がしてスタンパ46とする。

【0092】ここで、スタンパ46の凹部形状は、このスタンパ46を用いて成形される基板13の凸部形状として転写される。よって、スタンパ46の凹部のディスク半径方向の幅寸法は、ディスク表面に形成される凸部のディスク半径方向の幅寸法と略同一となされる。そのため、このスタンパ46の凹部のディスク半径方向の幅寸法は、記録用ヘッドの記録トラック幅寸法 $W_2$ 以下となる。

【0093】次に、図14に示すように、例えば、スタ

ンバ46を成形用金型47の成形面に接合させ、この成形用金型47を用いて基板13を成形する。そして、図15に示すように、得られた基板13の表面に磁性膜14をスパッタリング等により成膜して、図16に示すような磁気ディスク3を得る。

【0094】その後、図17に示すような着磁装置47の着磁用磁気ヘッド48により、磁気ディスク3を着磁する。磁気ディスク3を着磁する際は、磁気ディスク3を着磁装置47にセットし、例えば、図18に示すように、着磁用磁気ヘッド48に第1の直流電流を供給しながら、着磁用磁気ヘッド48を磁気ディスク3の半径方向aに所定のトラックピッチにて移動させていき、磁気ディスク3の凸部3aと凹部3bの磁性膜14を全て同一方向に磁化する。

【0095】その後、図19に示すように、第1の直流電流とは逆極性で、電流値が第1の直流電流に比べて小さい第2の直流電流を着磁用磁気ヘッド48に印加しながら、着磁用磁気ヘッド48を磁気ディスク3上の半径方向aにトラックピッチで移動させ、磁気ディスク3の凸部3aの磁性膜14のみを逆向きに磁化し、ウォブルマークやクロックマーク等のサーボパターンの書き込みを行う。

【0096】なお、磁気ディスク3の製造方法としては、以上のような製造方法の他に、例えば、基板13上に磁性膜14を形成した後に、磁性膜14をエッチングすることによって、所望の凹凸を形成するような方法もある。

【0097】以上のような磁気ディスク3を備えた磁気ディスク装置1の制御部の構成例について、そのブロック図を図20に示す。なお、ここでは、磁気ヘッド8が記録専用に使

用される記録ヘッド8aと、再生専用に使

用される再生ヘッド8bとからなるものとしている。

【0098】制御部10のクロック信号生成部11は、スピンドルモータ9によって回転駆動される磁気ディスク3から再生ヘッド8bによって再生された信号を受け取り、当該信号からクロック信号を生成し、当該クロック信号をトラッキングサーボ部12及び再生部13に出力する。トラッキングサーボ部12は、クロック信号生成部10aからのクロック信号を参照して、再生ヘッド8bから供給される信号に基づいてトラッキングエラー信号を生成し、これに対応してアーム4を駆動する。これにより、記録ヘッド8a及び再生ヘッド8bが、磁気ディスク3の所定の半径位置となるようにトラッキング制御される。また、記録部14は、図示しない外部回路から供給される記録信号を変調し、当該記録信号を記録ヘッド8aを介して磁気ディスク3に記録する。一方、再生部13は、再生ヘッド8bからの再生信号を復調し、図示しない外部回路に出力する。また、トラッキングサーボ部12は、トラッキングエラー信号をモニターし、例えば、ハードディスク装置1に大きなショック等

が加わり、記録ヘッド8aが記録トラックから離脱してオフトラック状態となってしまったような場合に、記録部14を制御して記録動作を停止させる。

【0099】つぎに、以上のような磁気ディスク装置について、磁気ディスク3のディスク表面形状を変化させて試作した実験結果について説明する。

【0100】＜実施例1＞まず、磁気ディスクの表面に所定の凹凸パターンを形成することによるヘッドスライダの浮上量変化及び浮上状態変化を評価するために、以下のようなディスク基板を作製した。

【0101】図21に、測定用ディスク20の平面図を示す。図22に、図21中の範囲Yを拡大した平面図を示す。図23に、測定系の概略を示す。

【0102】測定用ディスク20として、図21及び図22に示すようなガラスで作成されているガラスディスクを用意した。このガラスディスクには、凹部と凸部とが規則正しく同心円状に形成されている。凹部の幅は1.0μmであり、凸部の幅は2.0μmで形成されている。この凹部と凸部の同心円状のパターンは、ガラスディスクの半径15.5mm〜35.0mmの領域に形成されている。また、このパターンの真中付近にヘッドスライダ21の浮上量測定用のフラットなエリアが幅0.4mmで形成されている。

【0103】なお、このような測定用ディスク20を作成する場合には、まず、ガラスディスク表面にレジストを塗布し、このレジスト上にカッティングデータを基に凹凸パターンを露光した。次に、この露光後、例えばRIE（反応性イオンエッチング）により凹凸パターンを形成した。

【0104】また、測定用スライダ21には、一般的な2本レールのテーパフラットのナノスライダを使用した。スライダ長は2.0mm、スライダ幅は1.6mm、レール幅は200μm、荷重は3・5gfとした。また、レールとレールとの中間、即ち測定用スライダ21の中心線上に、幅10μmの測定用レールを設けた。この測定用レールは、両脇の2本のレールに比べて十分細いため、測定用スライダ21の浮上には殆ど影響しない。

【0105】図23に示すような測定系では、測定用スライダ21が測定用ディスク20の表面に接触するまでの浮上量を、光干渉を利用した市販の浮上量測定機により測定する。また、測定用スライダ21が測定用ディスク20の表面に接触したときに測定用スライダ21にかかる摩擦力を、ロードビーム22に装着されている歪みゲージ23により測定する。

【0106】そして、このような測定系にて、測定用スライダ21及び測定用ディスク20を用いて、以下に示すように測定を行った。

【0107】まず、測定用スライダ21が十分に浮上する回転数にて測定用ディスク20を回転させた。その

後、光干渉を利用した市販の浮上量測定機からの浮上量測定用ビームを、測定用ディスク20のフラットエリアを介して測定用スライダ21に照射し、その戻り光を検出することで、測定用スライダ21の浮上量を測定しながら、測定用ディスク20の回転数を徐々に下げていった。そして、測定用スライダ21が測定用ディスク20の表面に接触するまで測定用スライダ21の浮上量を測定するとともに、測定用スライダ21が測定用ディスク20の表面に接触する前後における歪みゲージ23の出力を測定した。なお、測定用ディスク20の回転には、サーボをかけ、測定用ディスク20の回転数は時間とともに正確に現象していくようにした。そして、測定開始からの時間で測定用ディスク20の回転数を割り出し、所定の回転数における測定用スライダ21の浮上量及び歪みゲージの出力を測定した。

【0108】以上のようにして、測定用ディスク20の回転数と測定用ヘッドスライダ21の浮上量との関係、並びに測定用ディスク20の回転数と歪みゲージ23の出力との関係を調べた結果を図24に示す。図24では、横軸に、測定用ディスク20の回転数を示し、縦軸に、測定用スライダ21の浮上量及び歪みゲージ23の出力を示した。

【0109】図24に示すように、測定用スライダ21の浮上量は、測定用ディスク20の回転数が3000rpmの時点で15nmであったが、回転数が徐々に減少するにつれて、浮上量がリニアに減少し、回転数が2500rpm付近で浮上量は約5nmとなり、回転数が2500rpm以下となると浮上量は乱れ始めている。また、歪みゲージ23の出力は、測定用ディスク20の回転数が3000rpmから2500rpm付近までは0であるが、回転数が2500rpm以下から出力は出始め、回転数が2000rpmで出力は飽和している。

【0110】測定した測定用スライダ21の浮上量は、磁気ディスク装置用のヘッドスライダとしては標準的な浮上量である。そして、図24に示した結果から、測定用スライダ21が測定用ディスク20の表面に接触し始めるのは、実際には、測定用スライダ21の浮上変動や測定用ディスク20のグライドハイト等があることを加味すると、測定用ディスク20の回転数がおよそ2500rpmのときであるといえる。

【0111】すなわち、測定用ディスク20の回転数が2500rpmより高いときは、測定用スライダ21の荷重は、測定用スライダ21と測定用ディスク20との間隙に流入する空気の圧力により殆ど支えられている。ところが、測定用ディスク20の回転数が2500rpmより低くなると、測定用スライダ21と測定用ディスク20の凹部との間に流入する空気流による浮揚力だけでは、測定用スライダ21の荷重を支えきれず、測定用スライダ21は、当該浮揚力と測定用ディスク20の凸部とにより支えられることとなる。さらに、測定用ディ

スク20の回転数が2200rpm以下となると、測定用スライダ21の荷重は、殆ど測定用ディスク20の凸部により支えられることになる。

【0112】以上のことから、測定用ディスク20の回転数が2500rpm付近のときには、測定用スライダ21と測定用ディスク20とが接触しつつ、且つ、測定用スライダ21の荷重が測定用スライダ21と測定用ディスク20との間隙に流入する空気流による浮揚力により支えられた状態となることが分かる。すなわち、測定用ディスク20の回転数を2500rpm付近とすることで、測定用スライダ21に搭載した磁気ヘッドを、測定用ディスク20に無負荷で接触させることができ、つまり磁気ヘッドの浮上量をほぼ0にすることができる。

【0113】＜実施例2＞つぎに、磁気ディスクを単層膜構造として、且つ垂直磁気記録方式により情報信号を記録した際の磁化パターンを評価するために、以下のような磁気ディスクを作製した。

【0114】先ず、実施例1で用いたものと同様な構造のガラスディスクを用意した。次に、このガラスディスク上に、CoCrTaからなる磁性材料を用いてスパッタリングにより垂直磁気異方性を有する磁性層を被着形成した。そして、この磁性層上に潤滑剤を塗布し、測定用磁気ディスクを作製した。

【0115】そして、作製された磁気ディスクに対して、以下の条件の磁気ヘッドを用いて情報信号の記録及び再生を行った。

【0116】ここで、この実験に用いた記録用ヘッドとしては、薄膜ヘッドを採用した。この薄膜ヘッドとしては、ギャップ長が0.2μmであり、記録トラック幅が2.2μmであるものを用いた。このように、本実施例では、磁気ディスクに形成された凸部の幅が記録ヘッドの記録トラック幅よりも若干小さくなされる。

【0117】また、再生ヘッドとしては、磁気抵抗効果型磁気ヘッドを用いた。この磁気抵抗効果型磁気ヘッドとしては、シールド間隔が0.3μmであるものを用いた。

【0118】このような記録ヘッド及び再生ヘッドは、実施例1で使用した浮上スライダの後端部に搭載した。

【0119】そして、情報信号を記録再生する際のディスクの回転数は、実施例1で平均的な浮上量が5nmであった2500rpmよりも若干大きい2600rpmとした。これは、ディスクの回転数が2500rpmの場合には、図24に示すように、浮上スライダの浮上量が乱れるため、磁気ヘッドと記録媒体との安定な間隙制御が困難であるからである。

#### 【0120】比較例

さらに、比較用として、磁気ディスク上に凹凸のない通常のフラットなガラスディスクを用意した以外は、実施例2と同様にして、磁気ディスクを作製した。

【0121】そして、作製された磁気ディスクに対し

て、実施例2と同様な構成からなる薄膜ヘッド及び磁気抵抗効果型磁気ヘッドを用いて情報信号の記録再生を行った。

【0122】なお、比較例のような凹凸のないフラットな磁気ディスクに対して記録再生を行う際の測定用スライダ21は、実施例2のような凹凸を施した磁気ディスク20に対して記録再生を行う際の測定スライダと同じような低浮上量にて浮上走行することは実現不可能である。そのため、この比較例のようなフラットな磁気ディスク上においても測定用スライダ21の安定な浮上が確保可能であるように、この場合の測定用スライダ21の浮上量を50nmとし、情報信号の記録再生を行った。

【0123】以上のように作製された実施例2及び比較例の磁気ディスクに対して記録ヘッドにより情報信号が記録された際に形成された磁化パターンの模式図を図25及び図26にそれぞれ示す。このような磁化パターンは、磁気力顕微鏡(Magnetic Force Microscope; MFM)により観察される結果である。

【0124】実施例2は、記録用ヘッドの記録トラック幅よりも小さい幅を有する凹凸が形成されており、その凸部に情報信号が記録されている。このような実施例2の磁気ディスク2では、図25に示されるように、記録にじみがなく、凸部3aのみに情報信号が記録されており、これら情報信号に位相の乱れがない。

【0125】一方、比較例は、フラットな表面形状の磁気ディスクである。このような比較例の磁気ディスクでは、図26に示されるように、記録用ヘッド8aの記録トラック幅 $W_0$ の両側部60a、60bにおいて、記録用ヘッド8aの記録トラック幅に対向する中央部60cに記録された情報信号と比較して位相が遅れた信号が記録されており、つまり記録にじみ現象が生じている。

【0126】なお、本実施例にあたっては、トラック位置決めを行っていないので、常に、記録時にディスク一周にわたって凸部上に記録を行うことはできなかった。よって、凸部上にも記録ヘッドが半分しか浮上していない状態で記録が行われている箇所もあり、そのような場合には、凸部上にも記録にじみが観測された。しかし、これは、磁気ヘッドのトラック位置決めを正確に行えば問題なく取り除くことができる。

【0127】以上の結果から、ディスク表面の所定の凹凸パターンを形成し、この凹凸パターンの凸部を記録ヘッドのトラック幅と同等、或いはそれ以下にすることにより、情報信号を記録した場合に、記録にじみの現象を磁気ディスク上から効果的に除去することができることが判明された。

【0128】さらに、実施例2の磁気ディスクに対して、ディスク表面に形成された凸部上に様々な波長の情報信号を記録し、上記の磁気抵抗効果型磁気ヘッドで再生したところ、300kfc iまでは、良好な信号品質であることを確認することができた。

【0129】したがって、以上の結果から示されるように、本発明の磁気ディスク装置では、磁気ディスク表面に凹凸を形成することにより、ディスク表面に形成された凹部とヘッドスライダとの間隙に入り込む空気流によりヘッドスライダに浮揚力が働くので、ヘッドスライダに搭載された磁気ヘッドを上記凸部と無負荷で接触させることができるといえる。

【0130】その結果、本発明の磁気ディスク装置では、ヘッドスライダと磁気ディスクとの距離を極力0に近づけることができ、単層膜媒体で垂直磁気記録方式を用いる場合の課題の一つであった、ヘッドスライダと磁気ディスクとの距離を限りなく0に近づけるという課題を解決することができた。よって、本発明の磁気ディスク装置では、磁気ディスクが垂直磁界を集中的に分布させる高透磁率層が配されていない単層膜構造であっても、ヘッドスライダと磁気ディスクとの距離が限りなく0に近づけられるため、従来より普及している磁気ヘッドを用いて十分な垂直磁界を与えることができ、垂直磁気記録方式を効率良く行うことができる。

【0131】また、本発明の磁気ディスク装置では、垂直磁気記録方式を採ることができるので、長手磁気記録方式にて問題とされた熱揺らぎ現象を回避することができるといえる。

【0132】しかも、本発明の磁気ディスク装置では、磁気ディスク表面に形成された凹凸パターンの凸部の幅寸法が記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下となされているため、記録用ヘッドの記録トラック幅以外の所、つまり記録用ヘッドの磁気ディスクと対向していない側面等からの磁界によって、磁気ディスクに情報信号が書き込まれることがなく、記録にじみを除去することができることがわかった。よって、本発明の磁気ディスク装置では、単層膜媒体で垂直磁気記録方式を用いる場合のもう一つの課題であった、記録にじみの現象を解消することができるといえる。

【0133】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係る磁気記録媒体によれば、媒体表面に所定の凹凸パターンが形成されており、この凹凸パターンの凸部の幅寸法が記録用ヘッドの記録トラック幅寸法以下であるため、記録用ヘッドの記録トラック幅以外の所、つまり記録用ヘッドの磁気ディスクと対向していない側面等からの磁界によって、磁気ディスクに情報信号が書き込まれることがない。

【0134】つまり、本発明の磁気記録媒体によれば、記録にじみの書き込まれる領域がなくなることになり、記録にじみを解消することができる。その結果、本発明の磁気記録媒体によれば、品質の良好な信号が記録再生されて、高信頼性が得られる。しかも、本発明の磁気記録媒体によれば、トラック幅を狭めることができるため、トラック密度を更に向上することができるとともに、各

トラックの線密度をもより容易に向上することができ、更なる高密度記録化を実現することが可能となる。

【0135】また、本発明に係る磁気記録媒体では、記録再生時において、媒体表面に形成された凹部とヘッドスライダとの間隙に入り込む空気流によりヘッドスライダに浮揚力が働く。このとき、ヘッドスライダは、この浮揚力により、少なくとも一部が本発明の磁気記録媒体の凹部から所定の浮上量にて浮上している。

【0136】そのため、本発明の磁気記録媒体では、この媒体上を浮上するヘッドスライダが、従来の表面がフラットな磁気記録媒体上を浮上するヘッドスライダと同等な浮上量にて浮上している場合でも、本発明の磁気記録媒体上に形成された凸部とヘッドスライダとの距離がより近づいた状態となる。そして、更にヘッドスライダの浮上量を小さくしていくことにより、本発明の磁気記録媒体では、媒体上の凸部とヘッドスライダとの距離を限りなく0に近づけることができる。

【0137】よって、本発明の磁気記録媒体では、垂直磁界を集散的に分布させる高透磁率層が配されていない単層膜構造であっても、ヘッドスライダと磁気記録媒体の凸部との距離が限りなく0に近づけ得るため、この凸部に対して従来より普及している磁気ヘッドを用いて十分な垂直磁界を与えることができ、垂直磁気記録方式によって情報信号を効果的に記録することができる。

【0138】また、このように、本発明の磁気記録媒体では、垂直磁気記録方式を採用することができるので、長手磁気記録方式にて問題とされた熱揺らぎ現象が回避される。

【0139】一方、本発明に係る磁気記録装置では、上述したような構成からなる本発明に係る磁気記録媒体が内蔵されてなるため、磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離を限りなく0に近づけることができるとともに、記録にじみを除去することができ、単層膜構造の磁気記録媒体を用いて垂直磁気記録方式を効率良く行うことができ、品質の良好な信号を記録再生でき、更なる高密度記録化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した磁気ディスク装置の構成例を示す斜視図である。

【図2】本発明を適用した磁気ディスク及びヘッドスライダの一例を示す斜視図である。

【図3】本発明を適用した磁気ディスク及びヘッドスライダの部分的な詳細例を示す斜視図である。

【図4】本発明を適用した磁気ディスク及びヘッドスライダに掛かる力を示す断面図である。

【図5】本発明を適用した磁気ディスク及び磁気ヘッドの要部断面図である。

【図6】本発明を適用した磁気ディスクの平面図である。

【図7】図6中の範囲Xを拡大して示す平面図である。

【図8】本発明を適用した磁気ディスクの半径方向における断面図である。

【図9】本発明を適用した磁気ディスクのトラック方向における断面図である。

【図10】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の一工程を示す斜視図である。

【図11】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の他の工程を示す断面図である。

【図12】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の他の工程を示す断面図である。

【図13】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の他の工程を示す断面図である。

【図14】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の他の工程を示す斜視図である。

【図15】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法の他の工程を示す斜視図である。

【図16】本発明を適用した磁気ディスクの製造方法により得られた磁気ディスクを模式的に示す斜視図である。

【図17】本発明を適用した磁気ディスクを製造する際に用いられる着磁装置を示す平面図である。

【図18】図17に示す着磁装置を用いて磁気ディスクの磁性膜に着磁する一工程を示す断面図である。

【図19】図17に示す着磁装置を用いて磁気ディスクの磁性膜に着磁する他の工程を示す断面図である。

【図20】本発明を適用した磁気ディスク装置の制御部の構成例を示すブロック図である。

【図21】本実施例にて用いられた測定用ディスクを示す平面図である。

【図22】図21中の範囲Yを拡大して示す拡大平面図である。

【図23】本実施例にて用いられた測定系の概略を示す斜視図である。

【図24】本実施例の結果を示す図である。

【図25】本実施例の磁気ディスクにおける磁化パターンを示す平面図である。

【図26】比較例の磁気ディスクにおける磁化パターンを示す平面図である。

【図27】従来の長手磁気記録方式の一例を示す断面図である。

【図28】単磁極ヘッドを用いた従来の垂直磁気記録方式の一例を示す断面図である。

【図29】リング形ヘッドからの距離とリング形ヘッドの出す磁界の強さとの関係を、ウェストマイズの磁界計算式から求めた結果を示す図である。

【図30】従来の磁気ディスクに記録した信号の磁気ディスク上の磁化パターンを示す平面図である。

【図31】単磁極ヘッドを用いた垂直磁気記録方式の場合の磁気ディスク上の記録にじみの程度を示す平面図である。

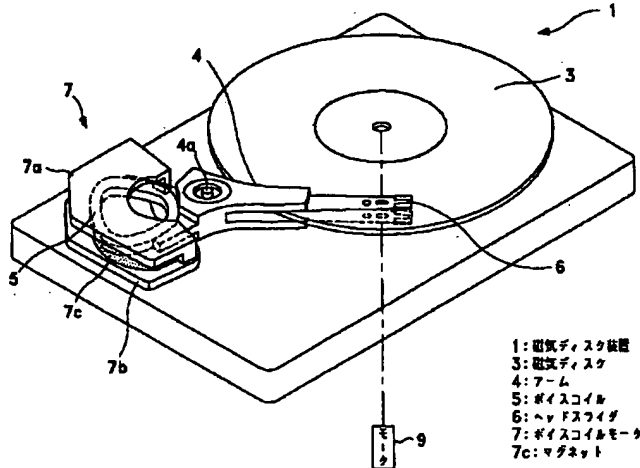
【図32】リング形ヘッドを用いた長手記録方式の場合の磁気ディスク上の記録にじみの程度を示す平面図である。

【符号の説明】

\* 1 磁気ディスク装置、 3 磁気ディスク、 3a 凸部、 3b 凹部、 6 ヘッドスライダ、 8 磁気ヘッド、 8a 記録用ヘッド、 13 基板、 14 磁性膜、

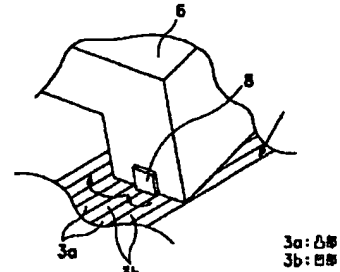
\* 磁性膜、

【図1】



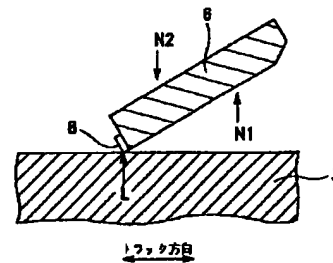
1: 磁気ディスク装置  
3: 磁気ディスク  
4: アーム  
5: ボイスコイル  
6: ヘッドスライダ  
7: ボイスコイルモータ  
7c: マグネット

【図3】

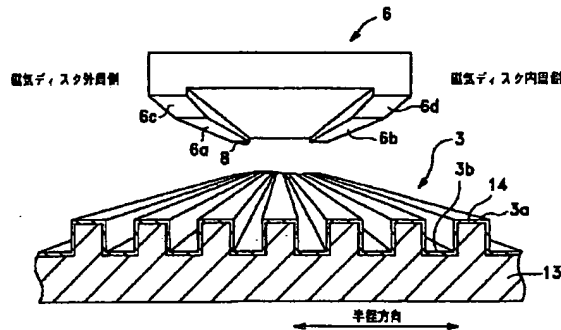


3a: 凸部  
3b: 凹部

【図4】

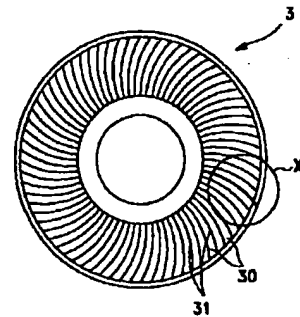


【図2】

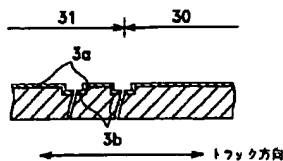


3: 磁気ディスク  
6: ヘッドスライダ  
13: 基板  
14: 磁性膜

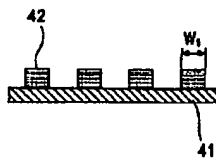
【図6】



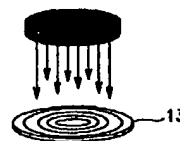
【図9】



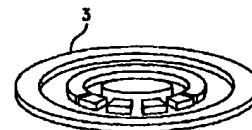
【図11】



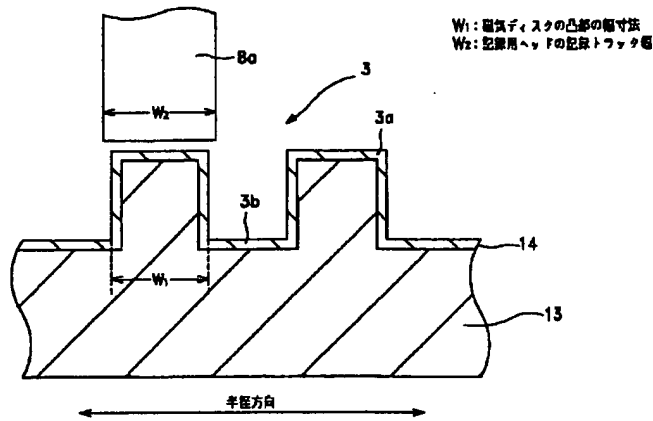
【図15】



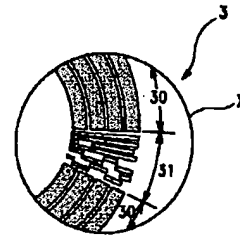
【図16】



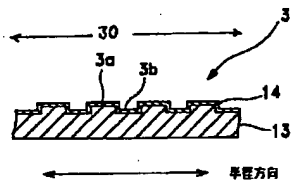
【図5】



【図7】

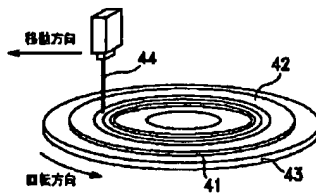


【図8】



13: 基板  
14: 磁気頭

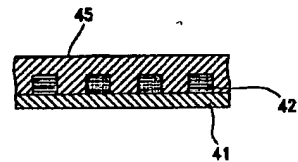
【図10】



レーザ露光工程

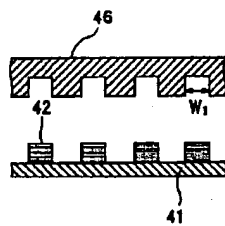
41: ガラス基板 43: ターンテーブル  
42: フォトリソグ 44: レーザ光

【図12】



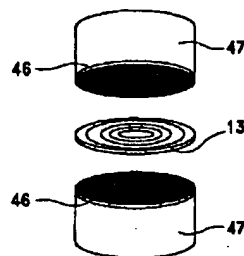
45: ニッケル

【図13】



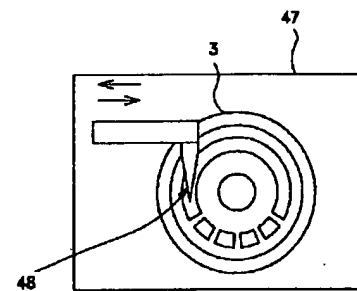
46: スタンパ

【図14】

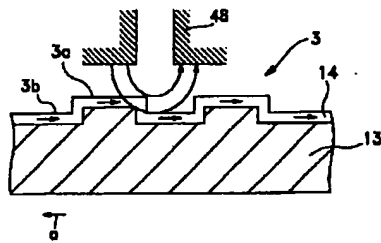


13: 基板

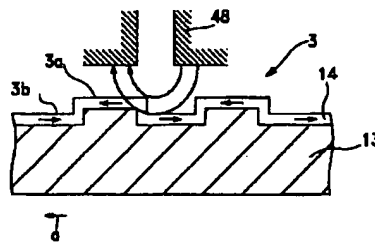
【図17】



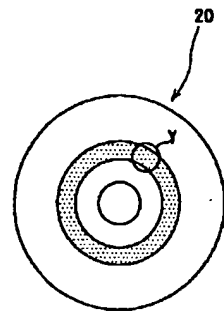
【図18】



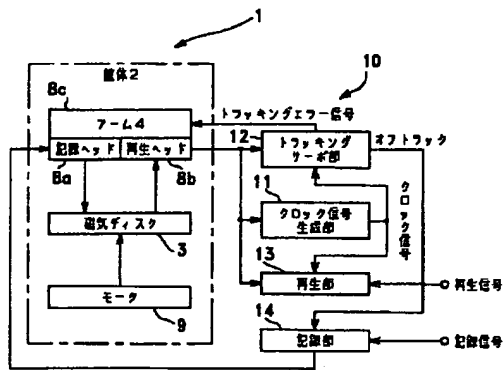
【図19】



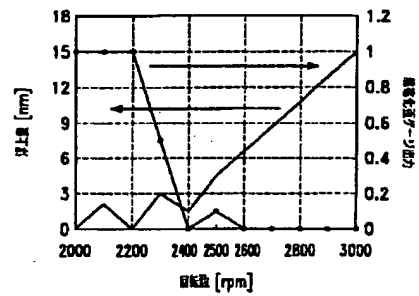
【図21】



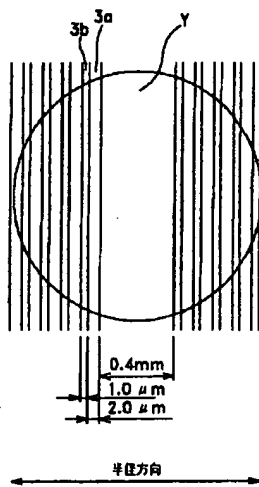
【図20】



【図24】

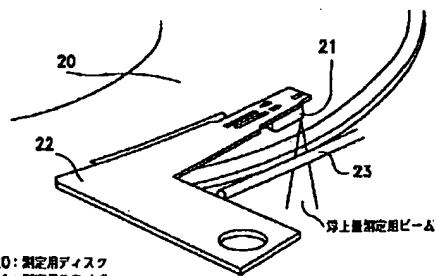


【図22】



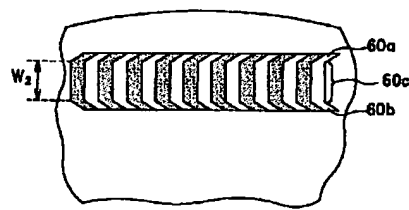
3a: 凸部  
3b: 凹部

【図23】



20: 測定用ディスク  
21: 測定用スライダ  
22: ロードビーム  
23: 歪ゲージ

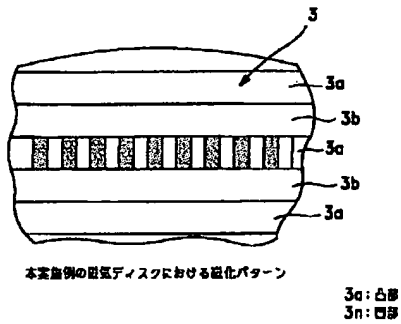
【図26】



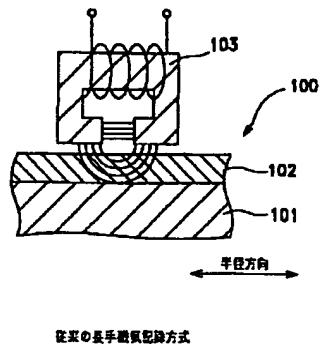
比較例の磁気ディスクにおける磁化パターン



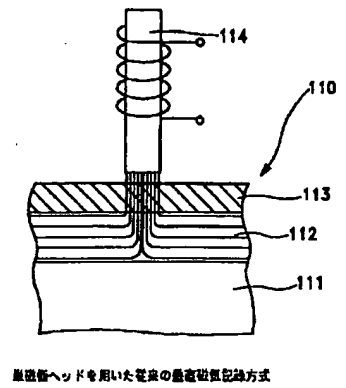
【図25】



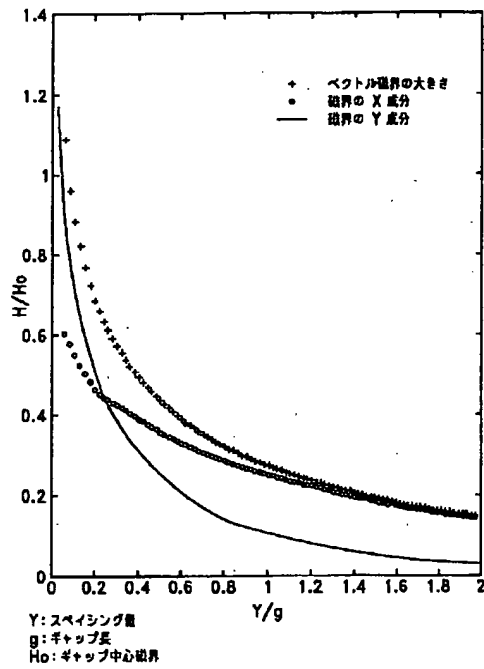
【図27】



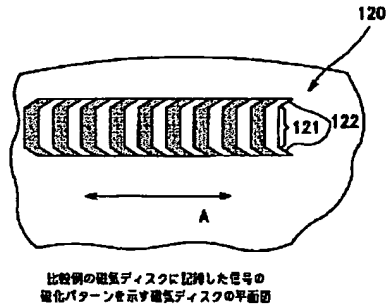
【図28】



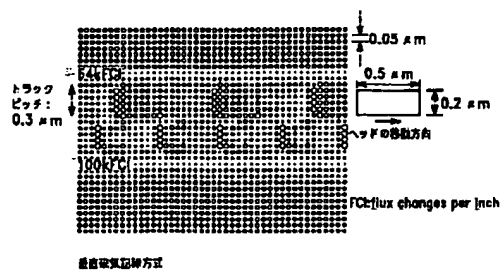
【図29】



【図30】



【図31】



【図32】

